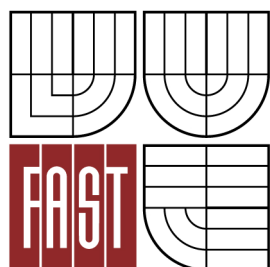




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

LÁVKA PRO PĚŠÍ PŘES ŘEKU SVRATKU

PEDESTRIAN BRIDGE ACROSS THE RIVER SVRATKA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MARTIN HLAVA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. RADIM NEČAS, Ph.D.

BRNO 2013



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R013 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav betonových a zděných konstrukcí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Martin Hlava
Název	Lávka pro pěší přes řeku Svratku
Vedoucí bakalářské práce	Ing. Radim Nečas, Ph.D.
Datum zadání bakalářské práce	30. 11. 2012
Datum odevzdání bakalářské práce	24. 5. 2013
V Brně dne 30. 11. 2012	

.....
prof. RNDr. Ing. Petr Štěpánek, CSc.
Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

1. Příčný řez
2. Podélný řez

ČSN EN 1991-2 Zatížení mostů dopravou

ČSN EN 1992-1-1 Navrhování betonových konstrukcí - Obecná pravidla

ČSN EN 1992-2 Navrhování betonových konstrukcí - Betonové mosty

Literatura doporučená vedoucím bakalářské práce

Zásady pro vypracování

Z předběžného návrhu možných typů mostních konstrukcí preferujte konstrukci o jednom poli podporovanou kabely.

V práci se zaměřte především na návrh betonové nosné konstrukce mostu bez uvažování fázované výstavby dle norem EN.

Ostatní úpravy provádějte podle pokynů vedoucího bakalářské práce.

Požadované výstupy:

Textová část (obsahuje průvodní zprávu a ostatní náležitosti dle níže uvedených směrnic)

Přílohy textové části:

P1) Použité podklady, studie návrhu mostu

P2) Statický výpočet

P3) Výkresová dokumentace

Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP (1x).

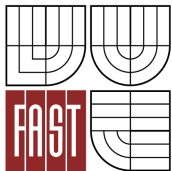
Popisný soubor závěrečné práce (1x).

Bakalářská práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě dle směrnic a na CD (1x).

Předepsané přílohy

.....

Ing. Radim Nečas, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

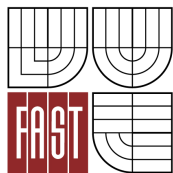


Abstrakt

Předmětem bakalářské práce je návrh nosné konstrukce lávky pro pěší přes řeku Svratku. Práce obsahuje statický výpočet konstrukce lávky o jednom poli, který byl vybrán ze tří variant. Vybraná varianta je tvořena předpjatou betonovou deskou s parapetními nosníky proměnného průřezu vynášenou vnějšími předpínacími kabely. Výpočet účinků zatížení je proveden počítačovým softwarem Scia Engineer. Posouzení konstrukce je provedeno ručně. Fáze výstavby konstrukce nebudou řešeny.

Klíčová slova

Lávka, předpjatý beton, vnější předpětí, mezní stavy únosnosti, mezní stavy použitelnosti.



Abstract

The subject of the bachelor thesis is about a concept of pedestrian bridge across the river Svratka. The work includes a statical calculation of the pedestrian bridge construction of one ground, which has been chosen from three other options. This chosen alternative is formed by a prestressed concrete's plank with parapet's supports of a variable cut earned by outer switchable cables. The calculation of the stress influence has been made by Scia Engineer Software. The construction recognition has been accomplished manually. A process of construction's works are not going to be treated in this work.

Keywords

Pedestrian bridge, prestressed concrete, external prestressed, serviceability limit state, ultimate limit state.

Bibliografická citace VŠKP

HLAVA, Martin. *Lávka pro pěší přes řeku Svratku*. Brno, 2013. 31 s., 108 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Radim Nečas, Ph.D..

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 24.5.2013

.....
podpis autora
Martin Hlava

Poděkování:

Rád bych poděkoval panu Ing. Radimu Nečasovi, Ph.D. za odbornou pomoc při zpracování mé bakalářské práce a za jeho ochotu a vstřícnost při konzultacích. Dále bych chtěl poděkovat rodině, kamarádům a kolegům za podporu v průběhu celého studia.

Obsah

1. Úvod	10
2. Studie řešení nosné konstrukce	11
2.1 Varianta A	11
2.2 Varianta B	12
2.3 Varianta C	13
3. Geometrie	14
3.1 Příčné uspořádání	14
3.2 Podélné uspořádání	15
4. Model konstrukce	16
4.1 Model mostovky	16
4.2 Model tuhého rámu	16
4.3 Model ocelových stojek	17
4.4 Model předpínacích kabelů	17
4.5 Podpory	17
5. Zatížení	18
5.1.1 Stálé zatížení	18
5.1.2 Proměnné zatížení	18
5.2 Kombinace zatížení	19
6. Návrh předpínacích sil	21
6.1 Vyrovnání účinků zatížení	21
6.2 Ztráty předpětí	22
6.3 Určení skutečných předpínacích sil	22
6.4 Počet kabelů a lan	23
7. Mezní stavy konstrukce	24
7.1 Mezní stav použitelnosti	24
7.1.1 Omezení napětí	24
7.1.2 Omezení trhlin	24
7.2 Mezní stav únosnosti	25
8. Smyk	27
9. Závěr	28
10. Seznam použité literatury	29
11. Seznam obrázků	30
12. Seznam příloh	31

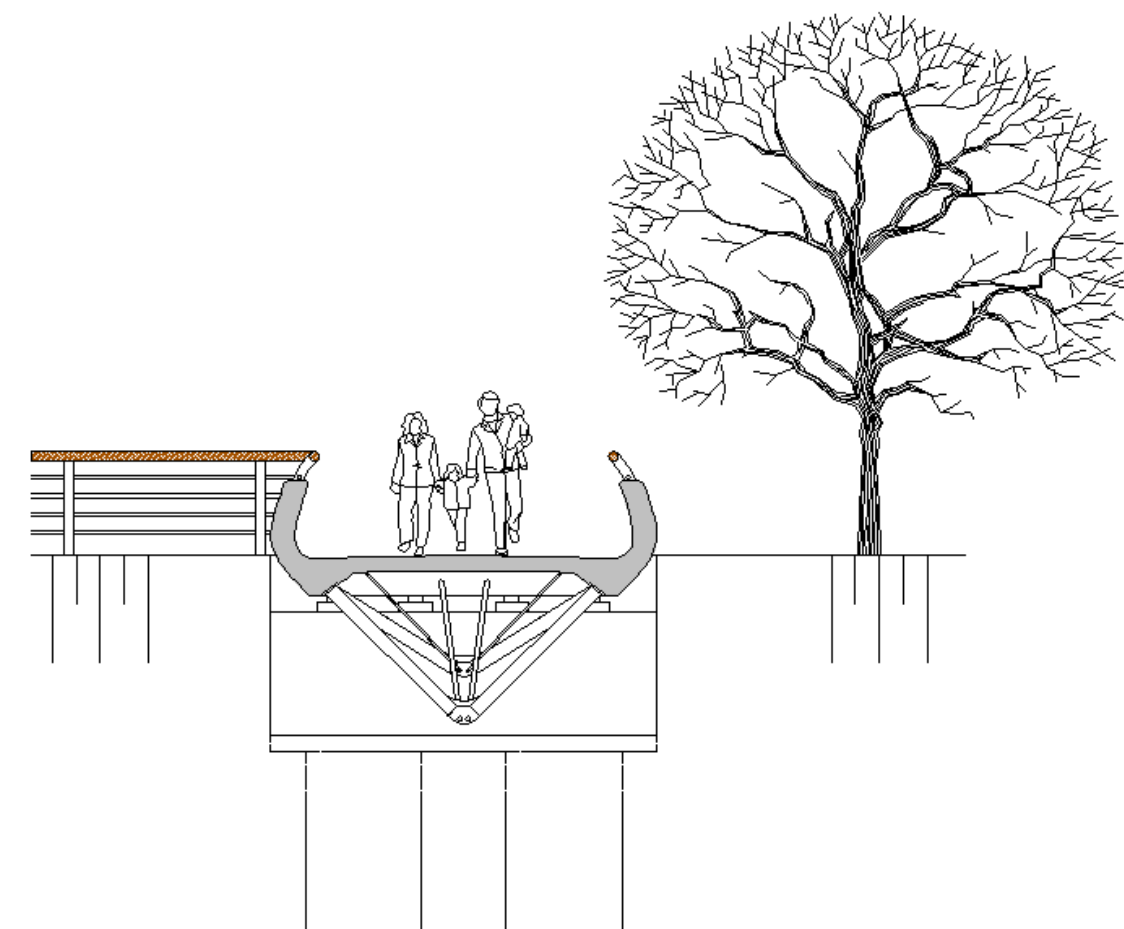
1. Úvod

Úkolem bakalářské práce je navržení a posouzení konstrukce lávky o jednom poli přes tok řeky Svratky. Lávka se nachází v Brně Pisárkách. Má zajistit spojení areálu Mendelovy univerzity a ulice Bauerovy pro pěší. Návrh přemostění byl vypracován ve třech studiích. Pro posouzení byla vybrána varianta A, která nejlépe vyhovuje místním podmínkám v dané lokalitě. Návrh byl posouzen podle ČSN-EN-1991-1-2.

2. Studie řešení nosné konstrukce

2.1 Varianta A

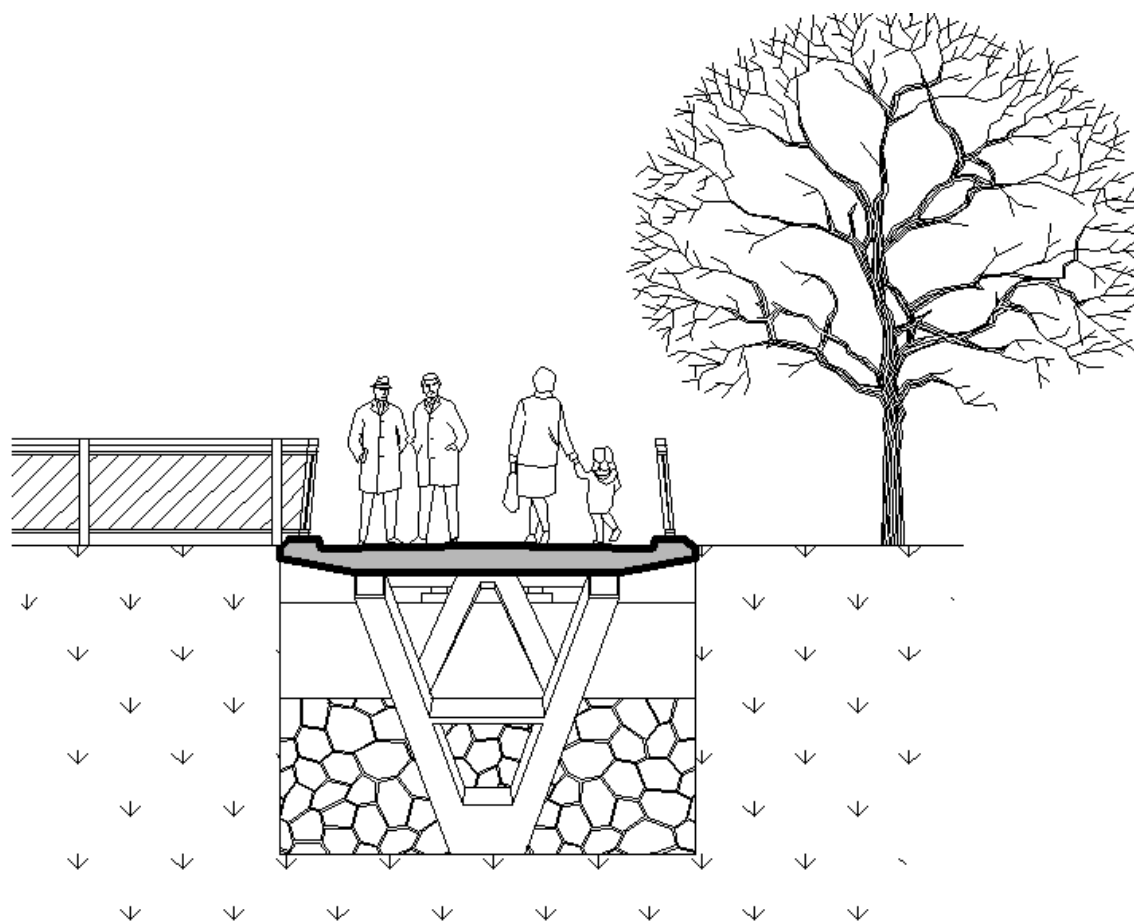
Jedná se o desku z předpjatého betonu, s parapetními nosníky proměnného průřezu po krajích, vynášenou externími kabely přes ocelové stojky. Nosná konstrukce délky 31,0m je uprostřed rozpětí opatřena ocelovými stojkami, přes které je veden předpínací kabel. Další stojky jsou navrženy v délce 6,75 od místa teoretického podepření. Jsou kratší a jsou přes ně vedeny předpínací kabely od kotevního bloku přes deviátor uprostřed rozpětí až do dalšího kotevního bloku. Délka nosné konstrukce 31m. Šířka nosné konstrukce 4m.



OBR. 1 PŘÍČNÝ ŘEZ VARIANTOU A

2.2 Varianta B

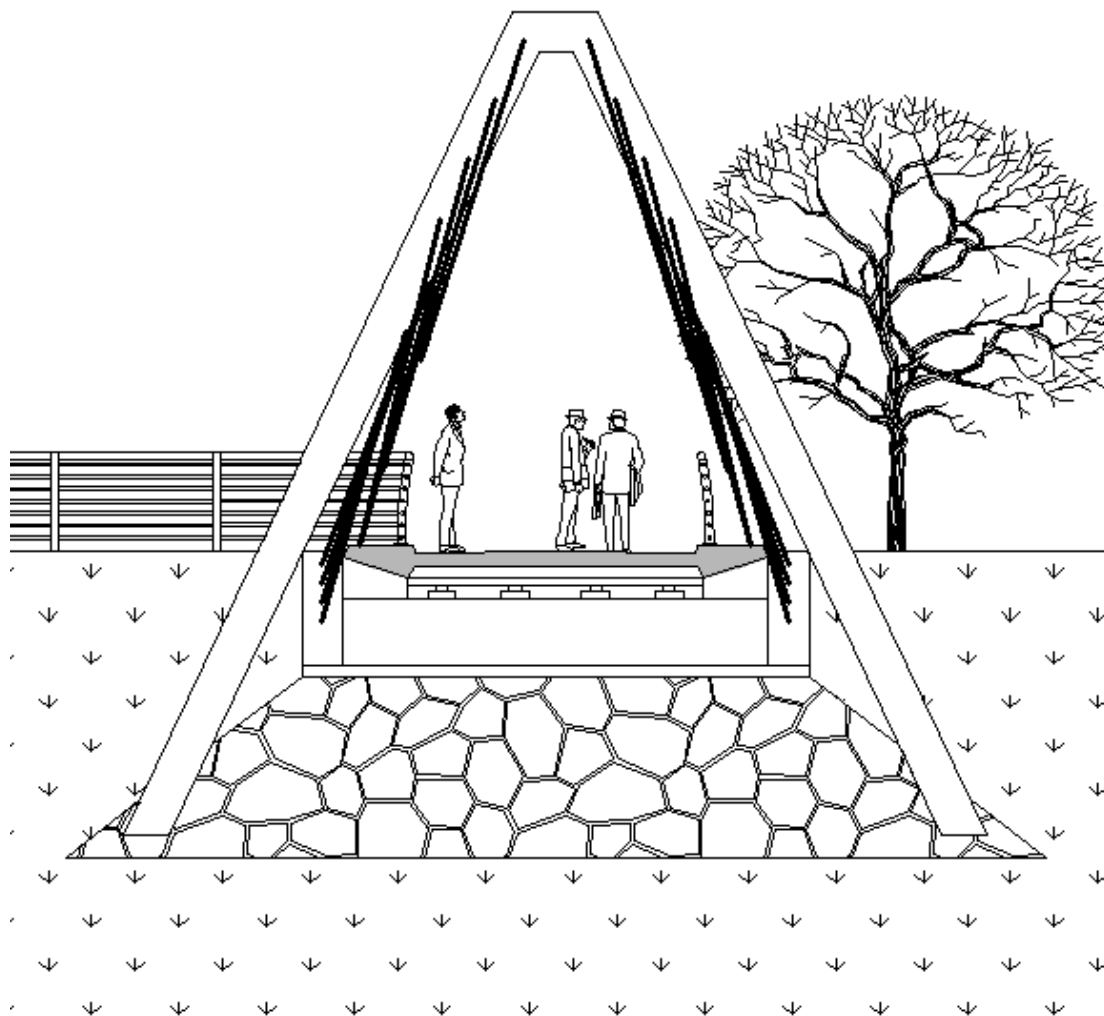
Jedná se o předpjatý betonový pás podporovaný ocelovým obloukem obdélníkového průřezu. Ve vzdálenosti 5m od teoretické podpory je navržena šikmá ocelová stojka vynášející přilehlou část lávky do konstrukce oblouku. Délka nosné konstrukce lávky je 31m. Šířka nosné konstrukce 4,3m. Volná šířka na lávce je potom 3,5m. Konstrukce oblouku má rozpětí 23,56m a vzepětí 2,66m.



OBR. 2 PŘÍČNÝ ŘEZ VARIANTOU B

2.3 Varianta C

Lávku tvoří zavěšený předpjatý betonový pás délky 31m. Závěsy vynášející betonový pás jsou tvořeny ocelovými lany ukotvenými do ocelového pylonu. Lana na druhé straně pylonu jsou zakotvena do spodní stavby. Délka nosné konstrukce lávky je 31m. Šířka nosné konstrukce 5,24m z toho volné šířce náleží 3,5m.



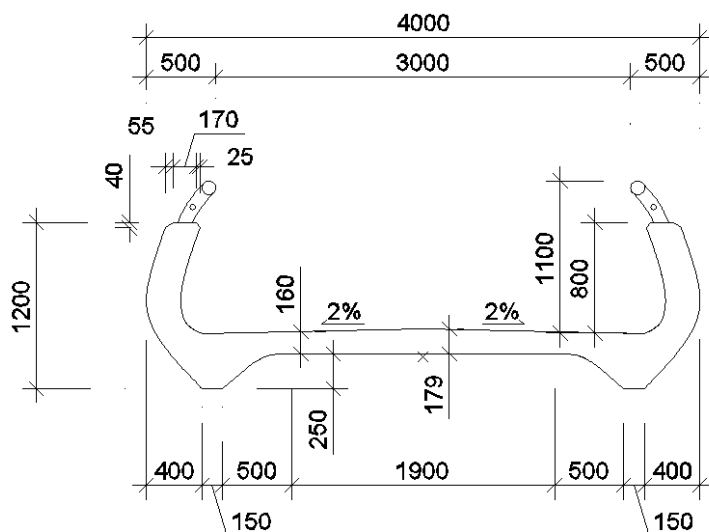
OBR. 3 PŘÍČNÝ ŘEZ VARIANTOU C

Pro návrh lávky byla vybrána varianta A

3. Geometrie zvolené varianty

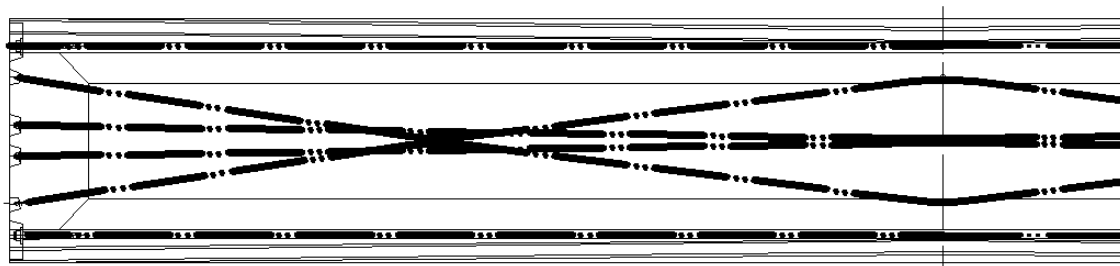
3.1 Příčné uspořádání

Volná šířka lávky je s ohledem k předpokládané intenzitě chodců navržen šířky 3,0m, což odpovídá požadavkům normy pro trvalé lávky, kde je minimální volná šířka lávky omezena hodnotou 2,5m. Volná výška lávky není omezována žádnou překážkou. Horní povrch lávky je v příčném sklonu 2% na obě strany od osy.

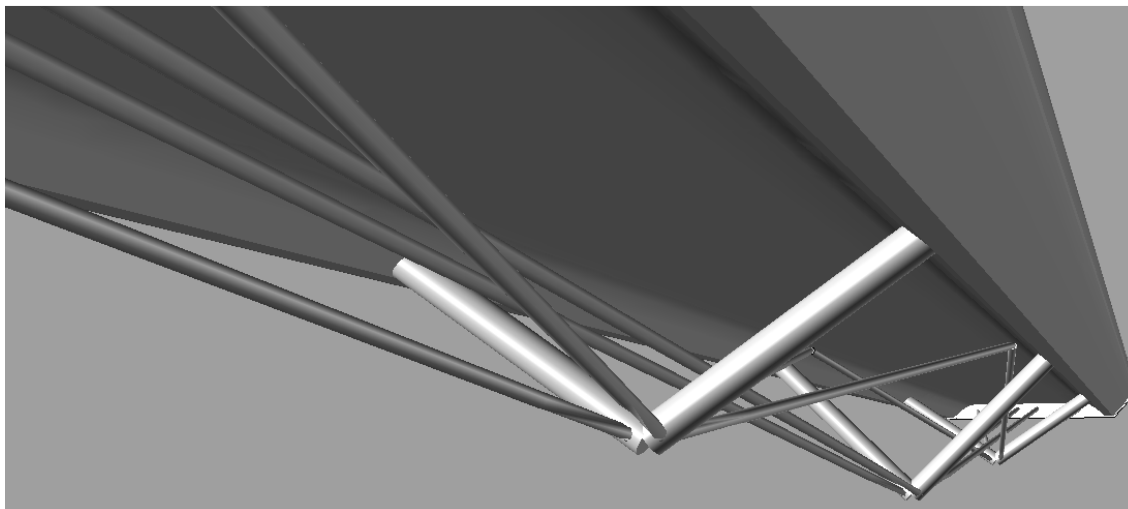


OBR. 4 PŘÍČNÝ ŘEZ V POLOVINĚ ROZPĚTÍ

Pod betonovou mostovkou jsou vedeny předpínací kabely. Předběžně bylo počítáno, že jednotlivé kabely budou mít kruhový průřez $\phi 80\text{mm}$. Z důvodu kontroly zda nedojde při prostorovém vedení kabelů k místům, kde by mohlo dojít k jejich kolizi, byl vytvořen 3D model v programu Rhinoceros 4.0 kterým bylo ověřeno, že navržené trasování je reálné.



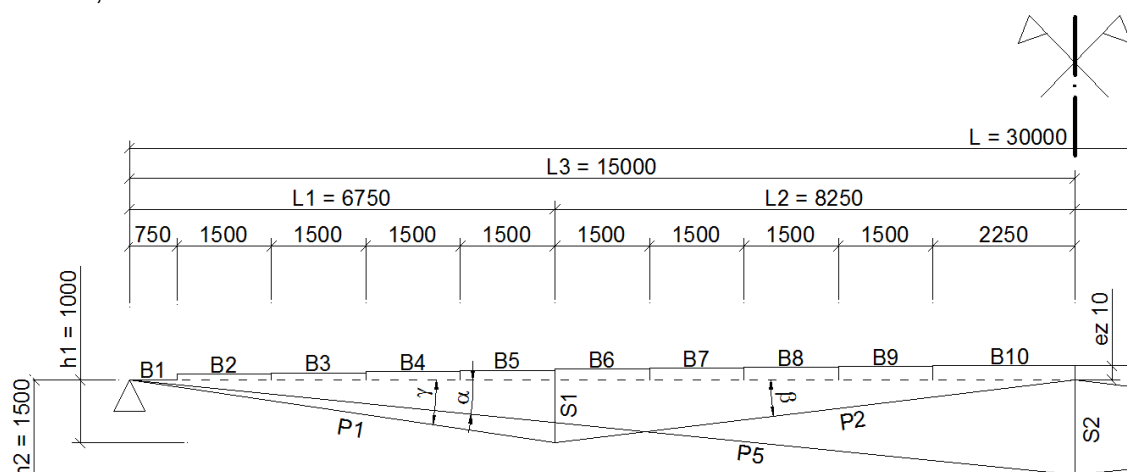
OBR. 5 SCHÉMA USPOŘÁDÁNÍ KABELŮ V PŮDORYSU



OBR. 6 DETAIL KŘÍŽENÍ KABELŮ

3.2 Podélné uspořádání

Podélný sklon mostovky je pro účely bakalářské práce zvolen 0%. V podélném směru jsou krajní parapetní nosníky proměnné výšky, kde na okraji mají výšku 0,57m a uprostřed 1,2m. Křivkou tvořící tvar horní hrany parapetních nosníků je polynom třetího stupně. Deska je po délce nosníku konstantní výšky, na okrajích je v délce 0,8m ukončena kotevním blokem. Průřezové charakteristiky (viz. statický výpočet [1.1.1]). V polovině rozpětí jsou k betonové desce připojeny ocelové stojky spojené na volném konci plechem, přes který vede ocelový deviátor předpínacích kabelů. Kabely vedené deviátorem mají svislou osovou vzdálenost od těžiště kotevního bloku 1,5m. Ve vzdálenosti 6,75m od místa teoretické podpory jsou napojeny k betonové desce další stojky upravené jako předchozí, s osovou vzdáleností kabelů od těžiště kotevního bloku 1,0m.



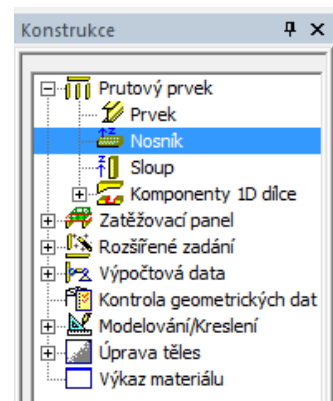
OBR. 7 GEOMETRIE MODELU

4. Model konstrukce

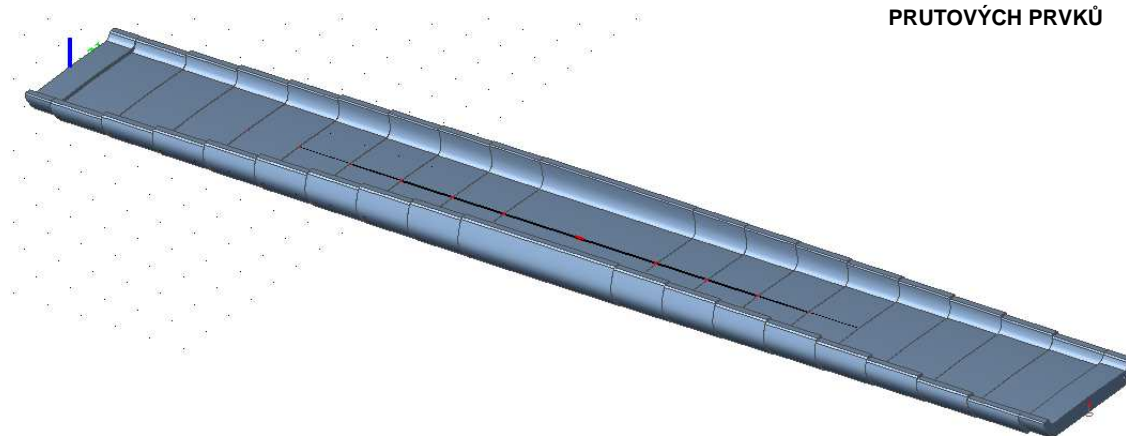
Pro výpočet byl použit program Scia engineer. Model byl zadán jako prostorová rámová konstrukce.

4.1 Model mostovky

Geometrie jednotlivých průřezů mostovky byla převedena pomocí funkce obecný průřez a byla zadána jako vodorovný prutový prvek. Jako materiál byl zvolen beton C35/45. Jelikož program Scia engineer neumí vymodelovat obecný průřez s náběhem, byla zvolena varianta při které, se skutečný tvar nosníku rozdělil na 20 částí, které byly nahrazeny průměrnými výškami daných částí. Označení jednotlivých prutů a jejich průřezové charakteristiky (viz. statický výpočet [1.1]).

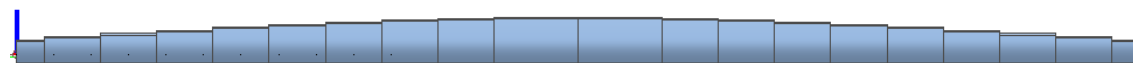


OBR. 8 OKNO ZADÁVÁNÍ PRUTOVÝCH PRVKŮ



OBR. 9 ZOBRAZENÍ MODELU V PROGRAMU SCIA

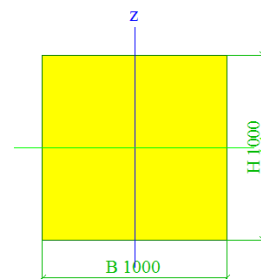
Pro zohlednění přídatného ohybového momentu od zalomené střednice, byly jednotlivé pruty zadány s excentricitami e_z odpovídajícími vzdálenostem jednotlivých těžišť prvků od těžiště kotevního bloku. Hodnoty excentricit (viz. Statický výpočet [1.1.1])



OBR. 10 POHLED PROTI SMĚRU OSY Y

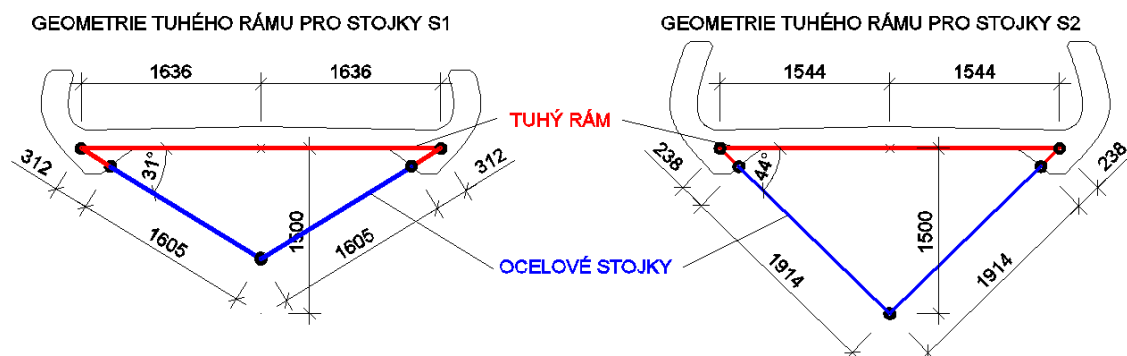
4.2 Model tuhého rámu

Tuhý rám v místě ocelových stojek byl navržen pro zjištění účinků působících na stojky. Nahrazuje přesnější model mostovky v místech stojek. Jeho části jsou navrženy jako prutové prvky. Pro zajištění vysoké tuhosti byl navržen čtvercový průřez velikosti 1x1m a byl zvýšen modul pružnosti



OBR. 11 PŘÍČNÝ ŘEZ TUHÉHO RÁMU

v materiálových vlastnostech na $E=2,1 \times 10^{11}$ MPa.



OBR. 12 GEOMETRIE TUHÉHO RÁMU A STOJEK

4.3 Model ocelových stojek

Stojky jsou modelovány jako prutové prvky navazující na prvky tuhého rámu dle předešlé geometrie. Průřezové charakteristiky byly použity z databáze programu Scia Engineer a to trubka CHS139.7/5.0 (viz statický výpočet [1.1.1]). Materiál trubky je ocel S 235.

Jméno	Stojky
Typ	CHS139.7/5.0
Popis typu a zdroje	
Zdroj hodnot	British Standard / BS...
Popis typu	kruhová trubka
Parametry	
Materiál	S 235
Trubky	CHS139.7/5.0
Filtr kruhových průřezů	Všechny průřezy
Obecný	
Použitá barva	Standardní barva
Barva	
Přiblížení textu vlákně	1.0
Editovatelné vlastnosti	
Editovatelný vzpěr	
Vzpěr y-y	a
Vzpěr z-z	a
Výroba	válcovaný
Opravit pojmenované p...	
Součinitele reduk...	
Použít redukční souč...	
Vlastnosti	
A [m ²]	2.1200e-03
Ay [m ²]	1.3495e-03
Az [m ²]	1.3495e-03
AL [m ² /m]	4.3885e-01
It [m ⁴]	9.5975e-06
Iy [m ⁴]	4.8100e-06
Iz [m ⁴]	4.8100e-06
Iw [m ⁶]	0.0000e+00

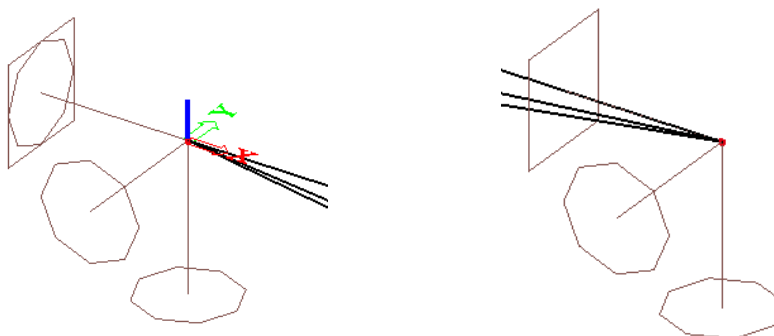
OBR. 13 OKNO PRŮŘEZU STOJEK

4.4 Model předpínacích kabelů

Model vnějších předpínacích kabelů není možné zadat v programu Scia Engineer. Z tohoto důvodu byly v modelu předpínací kabely nahrazeny kruhovým profilem $\phi 70$ mm přes který bylo předpětí vneseno pomocí zadaného zkrácení. Prvek je modelován jako prut se zapnutou funkcí FEM – pouze osově síly. Jako materiál byla použita ocel S 355. Výpočet poměrných zkrácení (viz. statický výpočet [4.4]).

4.5 Podpory

Podpory jsou zadány jako podpory v uzlech krajních prutů, kde jedna byla zadána jako pevná a druhá jako posuvná

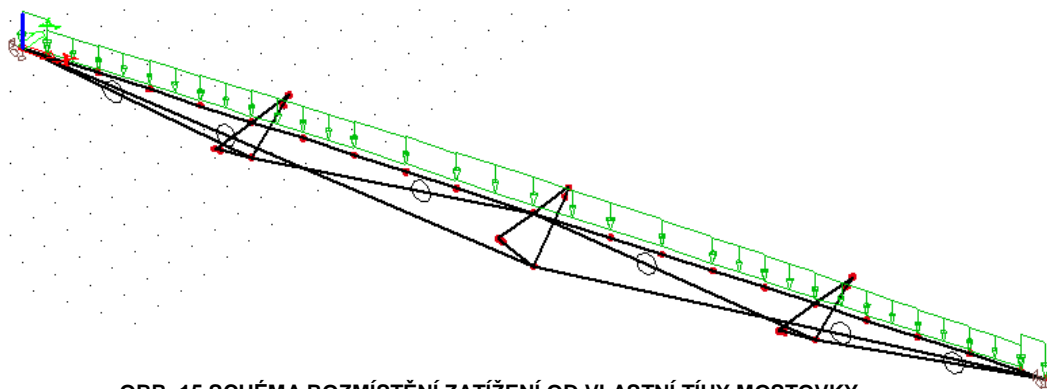


OBR. 14 DETAIL ZADANÝCH PODPOR V MODELU

5. Zatížení

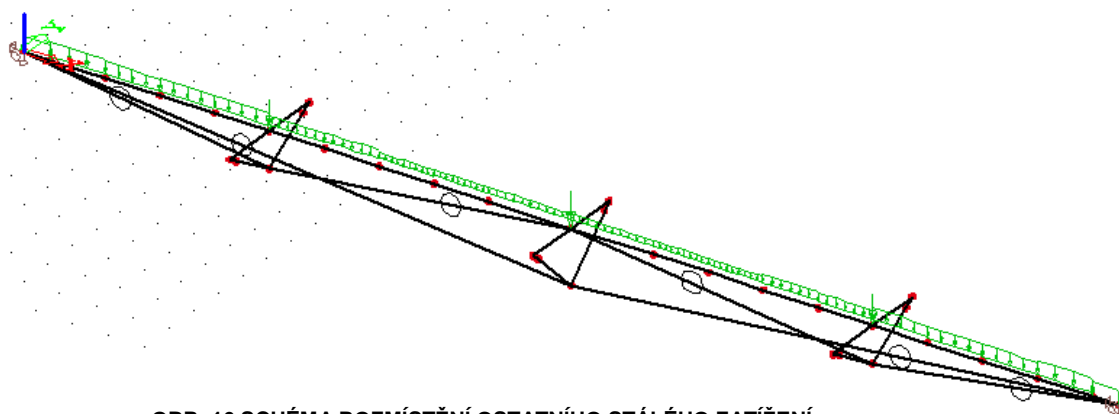
5.1.1 Stálé zatížení

Vlastní tíha betonové mostovky je na prutový model zadána jako spojité zatížení na jednotlivé pruty. Zatížení je přepočítáno ručně (viz. statický výpočet [3.1.1]).



OBR. 15 SCHÉMA ROZMÍSTĚNÍ ZATÍŽENÍ OD VLASTNÍ TÍHY MOSTOVKY

Ostatní stálé zatížení je zastoupeno odhadem tíhy stojek a zábradlí (viz. statický výpočet [3.1.2]).

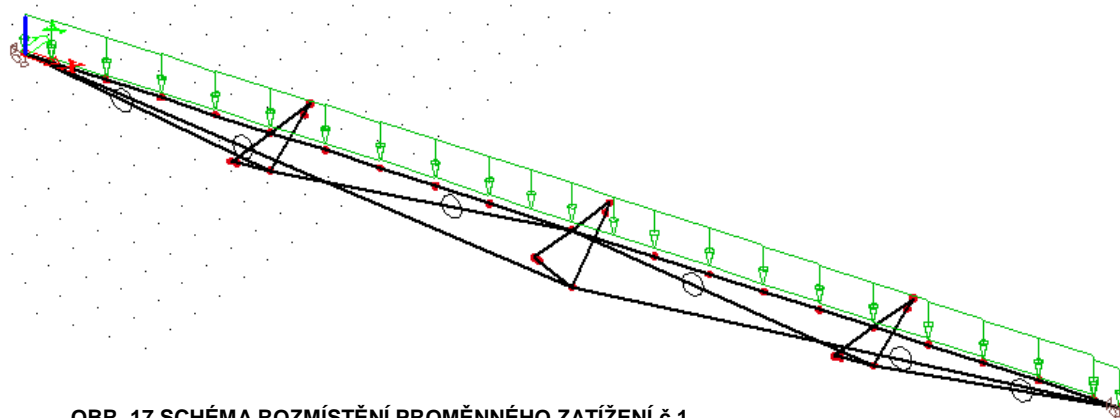


OBR. 16 SCHÉMA ROZMÍSTĚNÍ OSTATNÍHO STÁLÉHO ZATÍŽENÍ

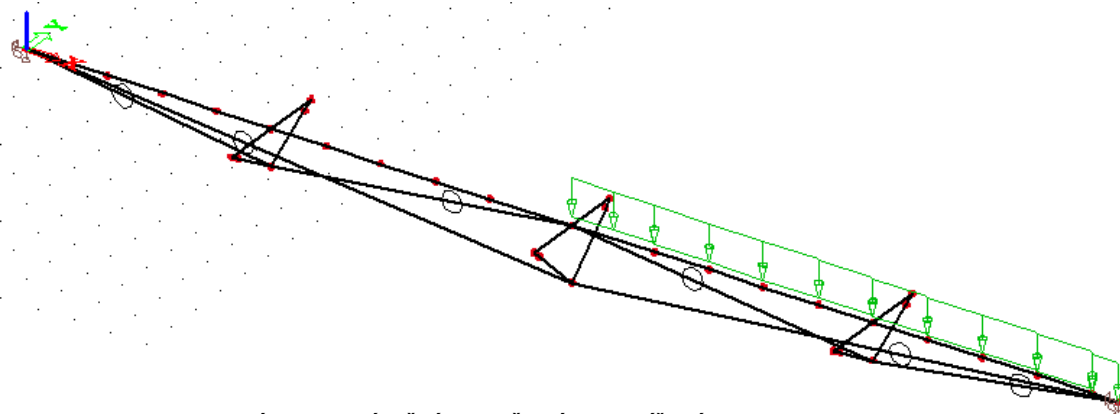
Předpětí je do modelu vneseno u vnějších kabelů pomocí funkce „Posun linie na prutu – podélné přetvoření“ podle hodnot poměrného zkrácení (znaménko -) (dle statického výpočtu [4.4]). Přídavné předpětí od kabelu vedeného uvnitř mostovky bylo zavedeno do modelu bodovými silami ve směru osy X na koncích.

5.1.2 Proměnné zatížení

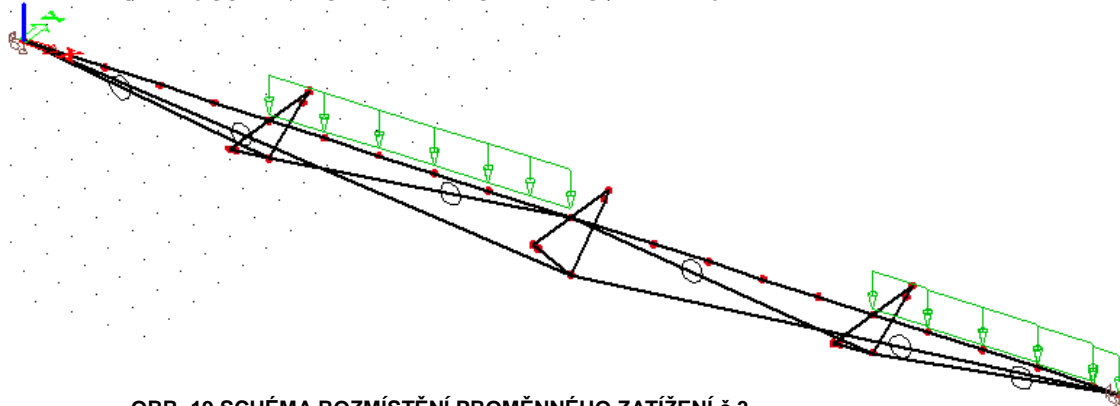
Na lávce nebyl vyžadován model LM4 proto se rovnoměrné zatížení od chodců určilo dle vztahu: $q_{fk} = 2,0 + \frac{120}{L+30}$, kde L je zatěžovací délka. Na jednotlivé části byla opět zadána jako spojité zatížení na prutu. Byly uvažovány 3 schémata rozložení nahodilého zatížení.



OBR. 17 SCHÉMA ROZMÍSTĚNÍ PROMĚNNÉHO ZATÍŽENÍ č.1



OBR. 18 SCHÉMA ROZMÍSTĚNÍ PROMĚNNÉHO ZATÍŽENÍ č.2



OBR. 19 SCHÉMA ROZMÍSTĚNÍ PROMĚNNÉHO ZATÍŽENÍ č.3

Pro zjednodušení byly vynechány ostatní účinky zatížení např.: vítr, vodorovné zatížení, dynamické účinky, atd..

5.2 Kombinace zatížení

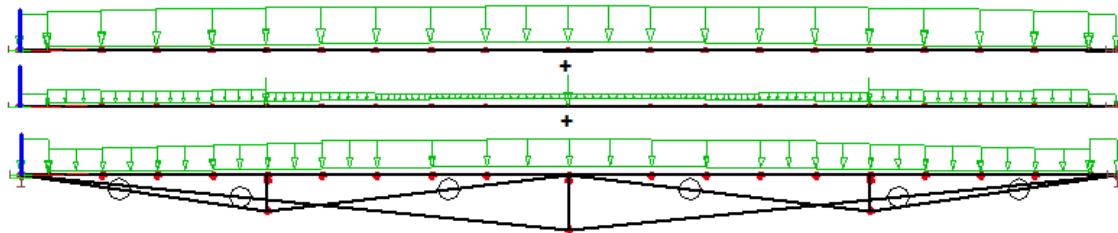
Byly vytvořeny 4 schémata rozestavení zatížení na nosníku podle rozmístění nahodilého zatížení (viz. statický výpočet [5.2]).

K výpočtu vnitřních sil, pro mezních stavu únosnosti, byly použity kombinace:

$$6.10a \quad \sum \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P_k + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1}$$

$$6.10b \quad \sum \xi \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P_k + \gamma_{Q,1} Q_{k,1}$$

Extrémních hodnot bylo dosaženo kombinací 6.10b pro rozestavení zatížení R2



OBR. 20 ROZESTAVENÍ ZATÍŽENÍ R2

Pro mezní stav použitelnosti byly použity kombinace:

Charakteristická $\sum G_{k,j} + P_k + Q_{k,1}$

Častá $\sum G_{k,j} + P_k + \psi_{1,1} Q_{k,1}$

Kvazistálá $\sum G_{k,j} + P_k + \psi_{2,1} Q_{k,1}$

6. Návrh předpínacích sil

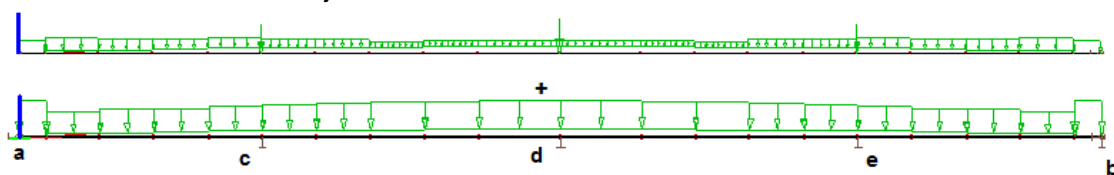
6.1 Vyrovnání účinků zatížení

Základní předpoklady

A) Průhyb mostovky od stálého zatížení a předpětí bude po předeptnutí (čas t_0) v místech ocelových stojek nulový.

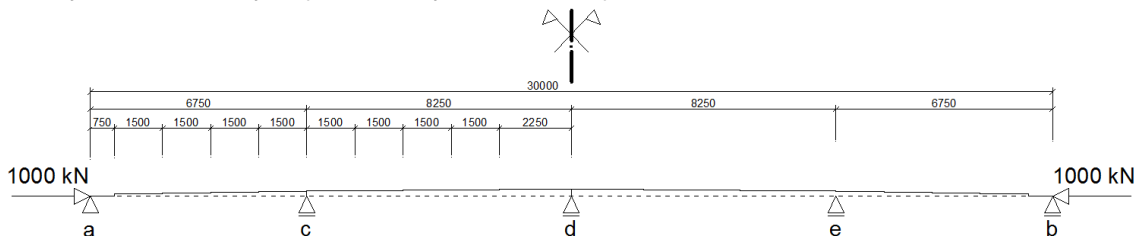
B) Předpínací kabely budou ukotveny v těžišti kotevního bloku pro vyloučení ohybového momentu od předpínací síly nad podporami.

Pro splnění podmínky nulového průhybu od stálého zatížení v čase t_0 je třeba nahradit statický model prostého nosníku spojitým nosníkem. Umístění vnitřních podpor je shodné s rozmístěním stojek.



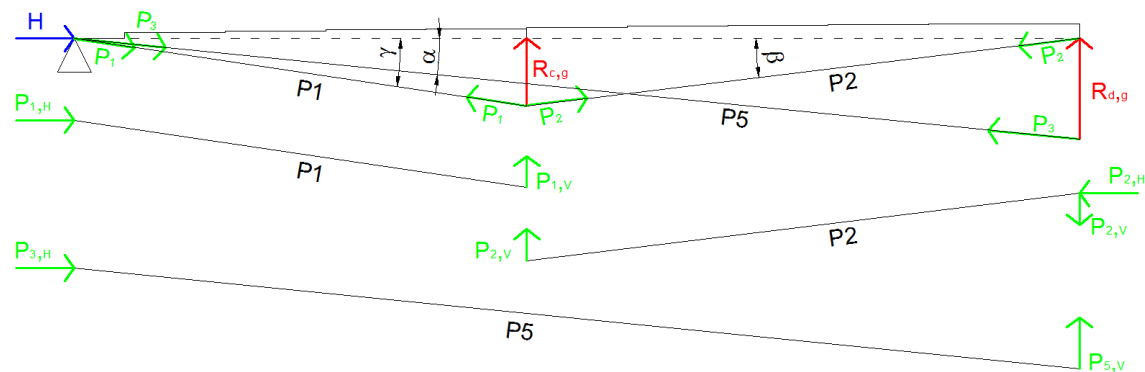
OBR. 21 STÁLÉ ZATÍŽENÍ NA SPOJITÉM NOSNÍKU

Pro zohlednění přidavných reakcí od vodorovné složky předpínacích sil vzniklé vlivem zakřivení střednice mostovky byly zjištěny podporové reakce pro spojitý nosník jako účinky od vodorovných jednotkových sil na krajích.



OBR. 22 GEOMETRIE ZAKŘIVENÍ STŘEDNICE MOSTOVKY A
UMÍSTĚNÍ JEDNOTKOVÉ SÍLY

Poté byla složena podmínka rovnosti podporových reakcí od stálého zatížení s hodnotami reakcí od předpětí v místech stojek. Pro určení předpínacích sil pro volné kabely byl zvolen iterační postup. Pro navrženou předpínací sílu ve vodorovném směru byly pomocí rovnic (viz. statický výpočet [4.3.1]) určeny síly na šikmých prutech při plnění podmínky rovnosti reakcí.



OBR. 23 SCHÉMA PŮSOBNÍ PŘEDPÍNACÍCH KABELŮ

Předpínací síla ve vodorovných kabelech byla odhadnuta hodnotou 4500kN.

Síly na šikmých prutech mají hodnotu: $P_1=302,31\text{kN}$

$P_2=301,24\text{kN}$

$P_5=1445,93\text{kN}$

6.2 Ztráty předpětí

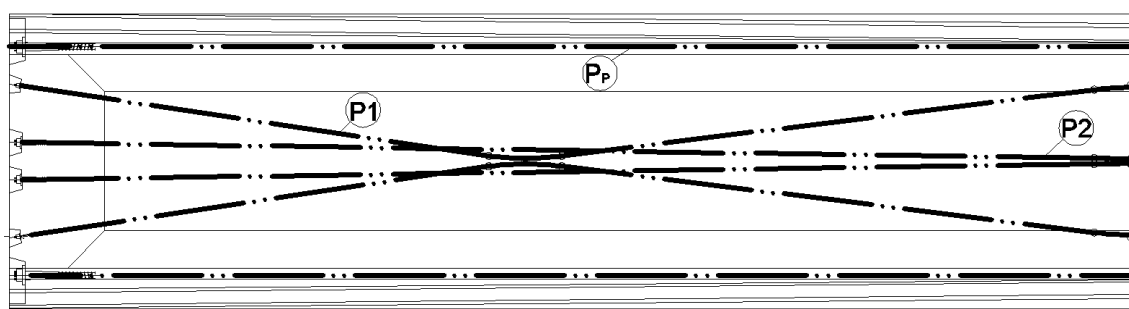
Hodnoty ztrát byly pro účel bakalářské práce určeny pouze odhadem.

Krátkodobé ztráty – 10%

Dlouhodobé ztráty – 10%

6.3 Určení skutečných předpínacích sil

Pro výpočtový model bylo zavedeno zjednodušení, ve kterém jsou všechny šikmé pruty vedeny v jedné svislé rovině. Pro zohlednění půdorysného vedení kabelů byl proveden přepočít předpínacích sil podle úhlů, o které jsou pruty v půdorysu odkloněny od přímého směru.



OBR. 24 PŮDORYSNÉ VEDENÍ KABELŮ

Skutečné předpínací síly ve vnějších kabelech:

$P_1=305,35\text{kN}$

$P_2=1446,07\text{kN}$

Skutečná předpínací síla ve vnitřních kabelech je beze změny: $P_p=4500\text{kN}$

6.4 Počet kabelů a lan

Výpočet byl proveden pro předpínací výztuž Y-1860-S7-15,7-A.

(viz. Statický výpočet [7.3])

Pro předpínací sílu P₁ byly navrženy 2 lana.

Pro předpínací sílu P₂ bylo navrženo 8 lan.

Pro předpínací sílu P_p bylo navrženo 24 lan.

7. Mezní stavy konstrukce

7.1 Mezní stav použitelnosti

7.1.1 Omezení napětí

Byla provedena kontrola omezení napětí.

Pro zabránění vzniku podélných trhlin, mikrotrhlin nebo velkého dotvarování byla zkontrolována hodnota tlakových napětí na mostovce pro charakteristickou kombinaci (čas t_0). (viz. statický výpočet [8.1.1])

$$\sigma_{c1} \leq 0,6f_{ck}$$

$$\sigma_{c1} = -11,45\text{MPa} < 0,6f_{ck} = 0,6 * 35 = -21\text{MPa}$$

V čase t_0 pro charakteristickou kombinaci byla provedena kontrola tlakových a tahových napětí. Kontrola tahových napětí pro určení zda vzniknou trhliny.

$$\sigma_{c2} \leq 0,6f_{ck}$$

$$\sigma_{c2} = -16,24\text{MPa} < 0,6f_{ck} = 0,6 * 35 = -21\text{MPa}$$

$$\sigma_{c1} \leq f_{ctm}$$

$$\sigma_{c1} = 1,78\text{MPa} < f_{ctm} = 3,2\text{MPa}$$
 Trhliny v betonu nevzniknou

Pro kvazistálou kombinaci v čase t_0 byla provedena kontrola omezení napětí určující zda, by byla možnost uvažovat ve výpočtu lineární dotvarování.

$$\sigma_{c2} \leq 0,45f_{ck}$$

$$\sigma_{c2} = -9,08\text{MPa} < 0,45f_{ck} = 0,45 * 35 = -15,75\text{MPa}$$

Omezení napětí předpínací výztuže bylo zkontrolováno pro všechny kabely.(viz. statický výpočet [8.1.2])

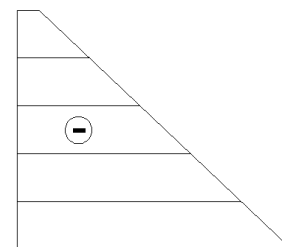
7.1.2 Omezení trhlin

Dále byla provedena kontrola omezení trhlin. Pro třídu prostředí XF se při časté kombinaci v čase t_0 a splnění stavu dekomprese neuvažuje vznik trhlin v tažených vláknech betonu.

$$\sigma_{c1} \leq 0$$

$$\sigma_{c1} = -0,15\text{MPa} < 0$$

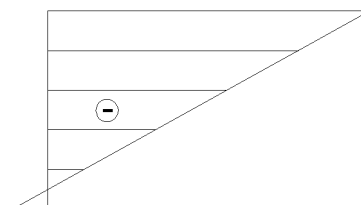
$$\sigma_2 = -0,93\text{MPa}$$



$$\sigma_1 = -11,45\text{MPa}$$

OBR. 25 PRŮBĚH NAPĚTÍ - CHARAKTER. KOMBINACE

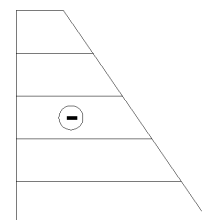
$$\sigma_2 = -16,24\text{MPa}$$



$$\sigma_1 = 1,78\text{MPa}$$

OBR. 26 PRŮBĚH NAPĚTÍ - CHARAKTER. KOMBINACE

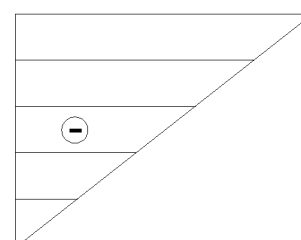
$$\sigma_2 = -2,22\text{MPa}$$



$$\sigma_1 = -9,08\text{MPa}$$

OBR. 27 PRŮBĚH NAPĚTÍ - KVAZISTÁL. KOMBINACE

$$\sigma_2 = -12,80\text{MPa}$$



$$\sigma_1 = -0,15\text{MPa}$$

OBR. 28 PRŮBĚH NAPĚTÍ - ČASTÁ KOMBINACE

7.2 Mezní stav únosnosti

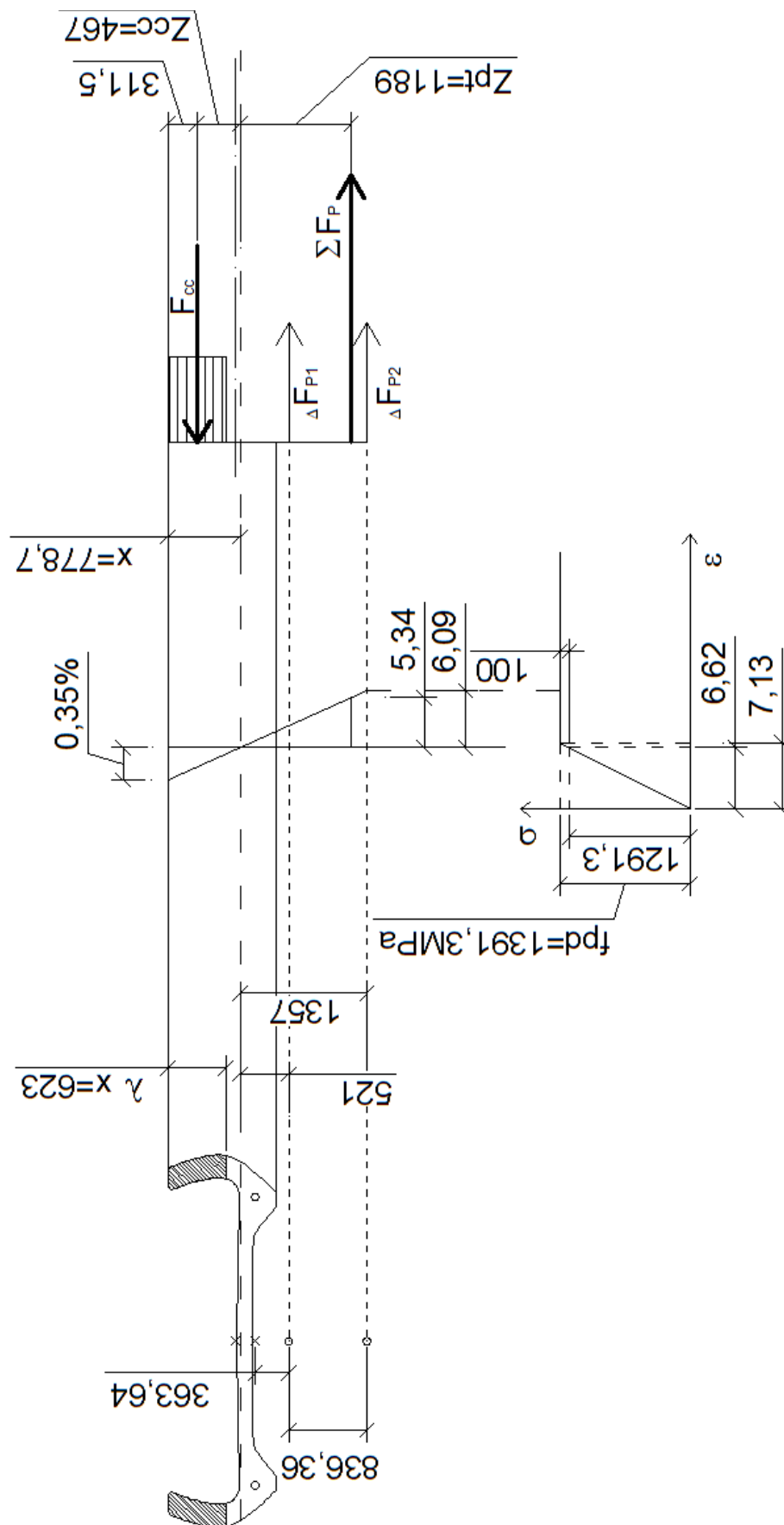
Pro výpočet únosnosti byla navržena hodnota $\Delta\sigma_p = 100\text{MPa}$. (viz. statický výpočet [9])

Hodnoty vnitřních sil jsou brány z kombinace 6.10b, rozestavení zatížení R2.

Výsledný posudek

$$M_{Rd} = 3034,14\text{kNm} > M_{Ed} = 1886,6\text{kNm}$$

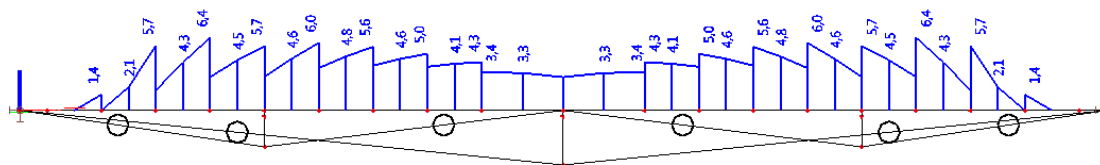
Z grafu poměrných přetvoření lze určit, že dojde k tlakovému porušení prvku.



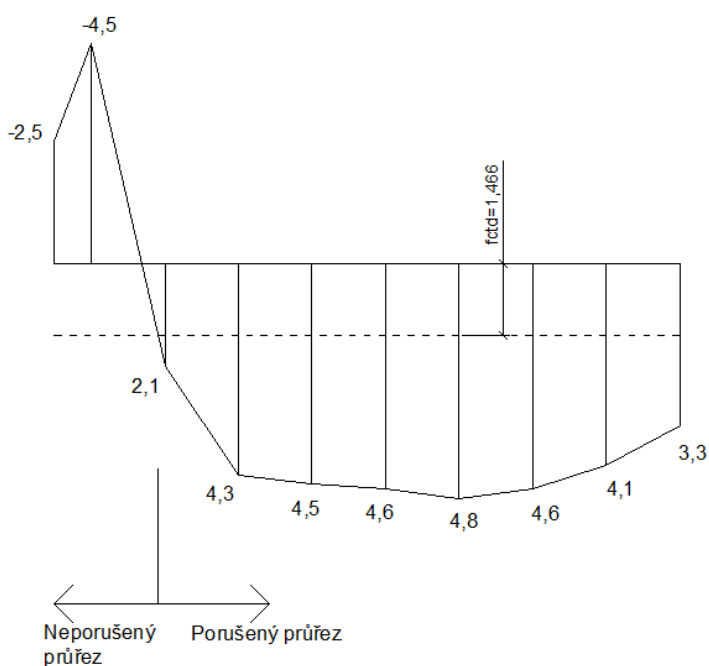
OBR. 29 GRAFICKÉ ŘEŠENÍ MSU

8. Smyk

Pro rozhodnutí o místě, ve kterém dochází ke vzniku trhlin od kombinace zatížení 6.10b (rozmístění R2) byl použit výstup normálových tahových napětí na dolních vláknech betonových prvků.



OBR. 30 NORMÁLOVÉ TAHOVÉ NAPĚTÍ PŘI DOLNÍCH VLÁKNECH



OBR. 31 MÍSTO PORUŠENÍ PRŮŘEZU

Byl proveden posudek pro neporušený průřez na prvku B2. Třmínky jsou v tomto místě navrženy konstrukčně. (viz statický výpočet [10.2])

Dále byl proveden posudek porušených průřezů a to na prvku B3, kde byly navrženy třmínky 4 střížný Ø R8 á 240mm a prvku B6 na kterém jsou opět třmínky navrženy pouze konstrukčně. (viz. statický výpočet [10.3])

9. Závěr

Úkolem bakalářské práce bylo provést posouzení lávky pro pěší přes řeku Svratku. Byl proveden návrh předpínacích sil pro splnění zadané podmínky nulového průhybu v místech ocelových stojek od stálého zatížení. Dále byly provedeny posudky pro mezní stav únosnosti i použitelnosti. Konstrukce na zadané účinky zatížení vyhověla. Pro zjednodušení byly krátkodobé i dlouhodobé ztráty předpětí odhadnuty. Do posudků konstrukce nebyl v rámci bakalářské práce proveden posudek kotevních oblastí ani průhybu. Vyztužení na účinky neuvažované v posudcích bylo provedeno podle konstrukčních zásad. Posudek ocelových stojek byl proveden programem Scia Engineer.

10. Seznam použité literatury

- [1] ČSN EN 1991-2. *Zatížení konstrukcí* □ *Část 2: Zatížení mostů dopravou*. Praha : Český normalizační institut, 2005.
- [2] EN 1992-1. *Design of concrete structures*. Brussels: European Committee for Standardization, 2001.
- [3] NAVRÁTIL, Jaroslav. *Předpjaté betonové konstrukce*. Vyd. 2. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2008. 186 s. ISBN 978-80-7204-561-7.
- [4] PANÁČEK, Josef. *Prvky betonových konstrukcí, Dimenzování betonových prvků – část 1*
- [5] NEČAS, Radim. *Příslušenství*. Přednáška [online]. Dostupné z: http://necasradim.cz/BL12/prednasky/TISK_10_Prislusenstvi.pdf
- [6] NEČAS, Radim. *Zatížení mostů dle evropských norem (EN)*. Přednáška [online]. Dostupné z: [http://necasradim.cz/BL12/prednasky/TISK_02_Zatizeni mostu EN.pdf](http://necasradim.cz/BL12/prednasky/TISK_02_Zatizeni_mostu_EN.pdf)
- [7] VSL. *VSL European Technical Approval*. Dostupné z: <http://www.vsl.cz/>
- [8] ČAMBULA, Jaroslav a Vladislav HRDOUŠEK. *Navrhování mostních konstrukcí podle Eurokódů*. 1. vyd. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2010, 341 s. ISBN 978-80- 87093-90-0.

11. Seznam obrázků

Obr. 1 Příčný řez variantou A	11
Obr. 2 Příčný řez variantou B	12
Obr. 3 Příčný řez variantou C	13
Obr. 4 Příčný řez v polovině rozpětí	14
Obr. 5 Schéma uspořádání kabelů v půdorysu	14
Obr. 6 Detail křížení kabelů	15
Obr. 7 Geometrie modelu	15
Obr. 8 Okno zadávání prutových prvků	16
Obr. 9 Zobrazení modelu v programu Scia	16
Obr. 10 Pohled proti směru osy Y	16
Obr. 11 Příčný řez tuhého rámu	16
Obr. 12 Geometrie tuhého rámu	17
Obr. 13 Okno průřezu stojek	17
Obr. 14 Detail zadaných podpor v modelu	17
Obr. 15 Schéma zadání vlastní tíhy mostovky	18
Obr. 16 Schéma rozmístění ostatního stálého zatížení	18
Obr. 17 Schéma rozmístění proměnného zatížení č1	19
Obr. 18 Schéma rozmístění proměnného zatížení č2	19
Obr. 19 Schéma rozmístění proměnného zatížení č3	19
Obr. 20 Rozestavení zatížení R2	20
Obr. 21 Stálé zatížení na spojitém nosníku	21
Obr. 22 Geometrie zakřivené střednice a umístění jednotkové síly	21
Obr. 23 Působení předpínacích kabelů	22
Obr. 24 Půdorysné vedení kabelů	22
Obr. 25 Průběh napětí – charakter. kombinace	24
Obr. 26 Průběh napětí – charakter. Kombinace	24
Obr. 27 Průběh napětí – kvazistál. Kombinace	24
Obr. 28 Průběh napětí – častá kombinace	24
Obr. 29 Grafické řešení MSÚ	26
Obr. 30 Normálové tahové napětí při dolních vláknech	27
Obr. 31 Místo porušení průřezu	27

12. Seznam příloh

P1 – Podklady a studie variant

- Varianta A	1
- Varianta B	2
- Varianta C	3

P2 – Statický výpočet

P3 – Výkresová dokumentace

- Situace	4
- Řez A-A	5
- Řez B-B	6
- Řez C-C	7
- Výkres předpínací výztuže	8
- Výkres betonářské výztuže	9
- Detaily	10

P4 – Vizualizace nosné konstrukce